

Introduzione alla fisica: Prova scritta [01/09/2023]

Durata: 3 ore. Sono vietati la consultazione di appunti e documenti (scritti o in rete) e l'utilizzo di computer, smartphone, smartwatch e dispositivi analoghi. L'uso della calcolatrice è autorizzato.

Ricorda di giustificare i passaggi e di dettagliare i calcoli numerici.

Costanti e dati utili:

- costante di Boltzmann: $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K
- costante dei gas: $R = 8.314$ J/K/mol
- accelerazione di gravità terrestre: $g = 9.8$ m/s²
- massa molare dell'aria: $M_A = 28.9$ g/mol

(A) Domande teoriche e concettuali

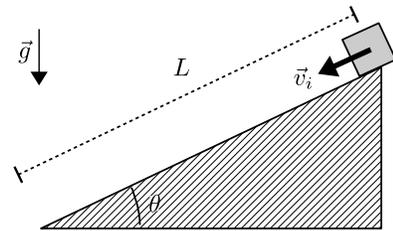
1. Indica l'espressione della forza gravitazionale \vec{F}_g e della forza elettrostatica \vec{F}_e tra due particelle, rispettivamente di massa m_1 e m_2 e di carica q_1 e q_2 .
2. Enuncia il secondo principio della termodinamica. Fornisci quindi l'interpretazione microscopica dell'entropia secondo Boltzmann.
3. Durante un esperimento di laboratorio, alcuni studenti di fisica misurano la costante dei gas R . Per ciascuno dei risultati qui sotto, indica se è *riportato* correttamente oppure no, spiegando chiaramente perchè:
 - a) (8.5 ± 0.02) J/K/mol
 - b) (8.314 ± 0.244) J/(K mol)
 - c) (10.1 ± 0.4) J/K/mol
 - d) 8.314 J/K/mol ± 0.002
4. Dimostra la legge di associazione in serie delle resistenze elettriche ($R = R_1 + R_2$) e poi quella delle resistenze elettriche in parallelo ($1/R = 1/R_1 + 1/R_2$). Per quale ragione tali leggi sono formalmente identiche a quelle trovate per le resistenze termiche?

(B) Ordini di grandezza

Stima l'ordine di grandezza del calore che è necessario sottrarre all'aria contenuta nell'aula in cui ti trovi affinché la sua temperatura si riduca di 10 K.

(C) Piano inclinato con attrito

Un piccolo blocco di massa m scivola lungo un piano di lunghezza L , inclinato di un angolo θ rispetto all'orizzontale. All'istante iniziale $t = 0$, il blocco si trova nel punto più alto del piano inclinato e parte con una velocità iniziale di modulo $v_i > 0$. Supporremo che, in regime dinamico, il coefficiente di attrito μ_d tra il blocco e il piano sia costante e non dipenda dalla velocità del blocco.



1. Determina le leggi orarie del moto del blocco.
2. Determina l'angolo minimo θ^* affinché l'accelerazione del blocco sia diretta verso il fondo del piano inclinato.
3. Se $\theta > \theta^*$, il blocco arriverà in fondo al piano inclinato qualunque sia la velocità iniziale ($v_i > 0$). Supponendo invece $0 < \theta < \theta^*$, determina la velocità iniziale minima, v_i^* , affinché il blocco arrivi in fondo al piano inclinato.

(D) Oscillatore armonico

Una piccola sfera di massa m è agganciata all'estremità di una molla ideale di costante elastica k e lunghezza a riposo ℓ_0 . L'altra estremità della molla è fissata a una parete che potremo considerare immobile. Sul sistema non agiscono ulteriori forze.

1. Supponendo che la sfera abbia velocità iniziale nulla, mostra che l'allungamento della molla rispetto alla sua lunghezza a riposo varia secondo la legge $A \cos(\omega t)$, dove A è l'allungamento iniziale e ω è una costante di cui indicherai l'espressione.
2. Mostra che l'energia meccanica del sistema {sfera, molla} non varia nel tempo.
3. Sapendo che $m = 0.5$ kg, $k = 20$ N/m e $A = 3$ cm, calcola la massima velocità della sfera durante il moto.

(E) Ciclo di Carnot

Consideriamo una mole di gas perfetto diatomico che effettua un ciclo di Carnot composto dalle seguenti trasformazioni reversibili

- 1 \rightarrow 2 e 3 \rightarrow 4: isoterme
- 2 \rightarrow 3 e 4 \rightarrow 1: adiabatiche

La temperatura del gas nello stato 1 è 410 K, le pressioni negli stati 1, 2 e 3 sono rispettivamente $P_1 = 9$ bar, $P_2 = 3$ bar e $P_3 = 1$ bar.

1. Traccia il ciclo nel diagramma (P, V)
2. Determina il lavoro e il calore scambiato dal gas durante ciascuna delle trasformazioni. Il ciclo corrisponde a un motore termico o a un frigorifero? Perché?
3. Calcola l'efficienza del ciclo.